Service des données sur le milieu marin

Logiciel d'application: description objective de la thermocline

J. Nasr et F.-R. Boudreault

RAPPORT TECHNIQUE NO. 6

1979

Gouvernement du Canada
Pêches et Océans

Government of Canada
Fisheries and Oceans

SERVICE DES DONNEES SUR LE MILIEU MARIN

RAPPORT TECHNIQUE NO. 6

Logiciel d'application: description objective de la thermocline

J. NASR
Service des données sur le milieu marin
Pêches et Océans Canada

et

F.-R. BOUDREAULT
Direction générale des recherches et de la planification
Services de protection de l'environment du Québec

MINISTERE DES PECHES ET DES OCEANS
OTTAWA, CANADA

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada

En vente par la poste:

Service des données sur le milieu marin, Sciences océaniques et aquatiques, Pêches et Océans Canada, Ottawa, Ontario.

MEDS7900301KF

Ottawa
1979

RESUME

Un logiciel d'application a été mis sur pied en 1977 pour la description de la thermocline de chaque profil d'une série d'observations bathythermographiques. Dans ce rapport nous décrivons le logiciel, son mode d'emploi et donnons quelques exemples d'analyses possibles. Le logiciel fait appel à la définition de la thermocline suggérée par Boudreault et Laprise en 1973.

ABSTRACT

An application program was implemented in 1977 to describe the thermocline of each profile of a set of bathythermograph observations. We describe in this report the operation of the program and we illustrate the use of the output in some analyses. The program uses the definition of the thermocline as suggested by Boudreault and Laprise in 1973.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient M. P.A. Bolduc qui participait au projet à ses débuts et qui a écrit une partie du logiciel initial, ainsi que Mme G. Mowbray qui a fait la mise en page finale et Mme C. Pinard qui a dactylographié le manuscrit.

TABLE DES MATIERES

		Page
ABSTRACT		iii
RESUME		iii
REMERCIEMENTS		iv
1.	HISTORIQUE	1
2.	OBJECTIF	1
3.	DESCRIPTION DU LOGICIEL D'APPLICATION	2
3.1	Programme principal THERMOB	2
3.2	Sous-programme de lecture LECPROF	5
3.3	Sous-programme de calcul du carré COTED	6
3.4	Sous-programme d'interpolation INTERP	7
3.5	Sous-programme de calcul des gradients GRAD	8
3.6	Sous-programme de normalisation NORM	8
3.7	Sous-programme de diagnostic DEFIN	8
3.8	Sous-programme de sortie ECRIT	9
4.	QUELQUES ANALYSES POSSIBLES	15
4.1	Impression du fichier intermédiaire	15
4.2	Edition sur imprimante du diagnostic	16
4.3	Distribution geographique d'une variable	16
4.4	Distribution statistique	16
4.5	Distribution temporelle	16
5.	REFERENCES	21
6.	APPENDICES	23

LISTE DES FIGURES

		Page
1.	Logiciel d'application THERMOB	3
2.	Programme principal THERMOB	4
3.	Sous-programme de lecture LECPROF	6
4.	Tableau de décisions pour le calcul du carré COTED	7
5.	Sous-programme d'interpolation INTERP	8
6.	Sous-programme de diagnostic DEFIN	10
7.	Exemple de diagnostic	11
8.	Exemple de diagnostic	12
9.	Format de la fiche d'en-tête	13
10.	Format de la fiche de structure	14
11.	Impression du fichier intermédiaire	15
12.	Sortie sur imprimante du diagnostic	17
13.	Epaisseur (m) de la première thermocline dans le nord-ouest du Golfe du Saint-Laurent (août 1974)	18
14.	Distribution de probabilité de l'intensité moyenne d'une thermocline et de l'immersion de son début pour les mois d'août et octobre 1973 à la station "P"	19
15.	Immersion et Epaisseur de la thermocline à la station "P" en 1973	20

1. HISTORIQUE

Les illustrations de la thermocline permanente remontent sans doute à l'expédition CHALLENGER (Tizard, 1884), mais l'espacement vertical entre les observations était généralement tel que peu ou pas de structure saisonnière apparaissait aux quelques stations effectuées dans le nord-ouest atlantique en mai 1883. Cependant, on note déjà que "... the rate of decrease of temperature with increase of depth diminishes..." (Tizard *et al.*, 1885).

C'est lors de l'expédition danoise INGULF que l'on réduisit suffisamment l'espacement vertical entre les observations pour constater la présence d'une structure plus complexe. En effet, Knudsen (1899) y décrit "... a third layer between these two strata which, as a transitional link between the two others, has a temperature and a salinity which is increasing rapidly with depth...". Nous trouvons ici l'essentiel du concept de la thermocline comme une *zone de transition* où le gradient thermique y est *plus prononcé qu'ailleurs* dans la colonne d'eau.

Ces deux idées seront reprises sommairement et parfois partiellement (Murray & Hjort, 1912; Bjerkan, 1919; Sandström, 1919) puis, graduellement, on attachera une importance de plus en plus grande à la dynamique océanique (Munk & Anderson, 1948; Proudman, 1953; Robinson & Stommel, 1959; Welander, 1971; Lineykin, 1974). Cette zone de contraste dynamique a donc été et continue d'être l'objet d'intenses efforts destinés à en mieux connaître et comprendre le mécanisme.

Parallèlement, l'importance écologique de cette stratification thermique n'a pas échappé aux chercheurs (Birge, 1897; Brandhorst, 1958; Jean, 1964; Vincent & Kurc, 1969; Rheinheimer, 1972; Garcia, 1974). C'est sans doute à cause de ces conséquences possibles qu'on a voulu simplifier l'application du concept tel qu'exprimé initialement par Knudsen (1899). Ainsi on n'a retenu que l'immersion du gradient maximum ou encore que l'intervalle à l'intérieur duquel le gradient était supérieur à une valeur-seuil, généralement 1° C/m (Brönsted & Wesenberg-Lund, 1911; Birge & Juday, 1914; Lacroix, 1961; 1967).

Ces pratiques continuent mais la dynamique nous a fait comprendre, du moins en partie, que les nombreuses irrégularités de la stratification thermique marine font partie *d'un tout*, ramenant, du coup, notre attention sur le concept de *zone* plutôt que sur celui de *valeur* (Kitaygorodskiy & Filyushkin, 1963; Pickard, 1964).

En conséquence, la description de la réalité variable et complexe que représente la stratification saisonnière thermique, haline ou autre, gagne à être abordée d'un point de vue à la fois descriptif et structural (Tully & Giovando, 1963; Boudreault & Lacroise, 1973).

L'analyse statistique de cette description pourra ainsi être faite tant du point de vue de ses propres variations spatio-temporelles (Boudreault, 1973) que de celui de ses relations avec la productivité primaire (Voituriez & Dandonneau, 1974; Herbland & Pages, 1975).

C'est dans ce but d'une description objective de la thermocline saisonnière et de son analyse statistique ultérieure que nous avons développé et rendu disponible ce logiciel d'application (Boudreault, 1977).

2. OBJECTIF

L'objectif premier de ce rapport est la description du logiciel d'application de la description objective de la thermocline et de son fonctionnement. De plus, nous illustrons quelques analyses possibles, faites à partir de cette description objective.

Ce logiciel permet de décrire les structures thermiques et d'entreposer, dans un fichier facilement accessible, les paramètres pertinents.

L'assemblage modulaire de ce logiciel (fig. 1) facilitera particulièrement les modifications nécessaires pour accéder à des types différents d'observations (ex. XBT, STD) ou pour produire de nouvelles formes d'extrants.

Ce programme et ses sous-programmes sont gardés dans une programmathèque et sont réunis par le système de gestion (UPDATE) spécifique à l'ordinateur CYBER-74[1] (cf. app. I). Pour tirer tout le profit de la modularité du logiciel d'application il est préférable de connaître l'utilisation du système de gestion.

Dans ce rapport nous fournissons également quelques exemples d'analyses, lesquelles seraient normalement réalisées sous la responsabilité de l'usager lui-même (fig. 1).

3. DESCRIPTION DU LOGICIEL D'APPLICATION

3.1 Programme principal THERMOB

3.1.1 But

Ce programme (fig. 2 & app. II) régit l'exécution des divers sous-programmes conformément aux indications contenues sur les cartes-paramètres.

3.1.2 Variations

Suite à l'introduction de nouveaux sous-programmes, il faudra refaire la validation de THERMOB afin de s'assurer qu'il réponde toujours au but visé. Pour cela il faudra standardiser les noms d'appel des sous-programmes ainsi que le nombre de variables échangées entre le programme principal et chacun de ces sous-programmes.

Il faut s'attendre, de plus, à ce que certains de ceux-ci ne puissent s'intégrer au programme général actuel. Par exemple, dans le cas où nous voudrions traiter plusieurs variables (ex. T, S, P, N) simultanément il faudrait récrire THERMOB.

3.1.3 Description des paramètres de contrôle

Afin de répondre aux besoins et désirs des usagers, certains paramètres de contrôle sont requis pour générer la description des caractéristiques de chaque profil. Ceux-ci sont introduits sur deux cartes perforées (app. III), la première contenant dans l'ordre les paramètres d'interpolation suivants:

i) DINTER: Incrément d'interpolation

ii) DBINTER: Profondeur où débutera l'interpolation

iii) FINTER: Profondeur où se terminera l'interpolation

Toutes ces valeurs sont enregistrées en entiers au décimètre (ex. 12.5 m s'écrit 125).

[1] CYBER-74 est fabriqué par CONTROL DATA CORPORATION

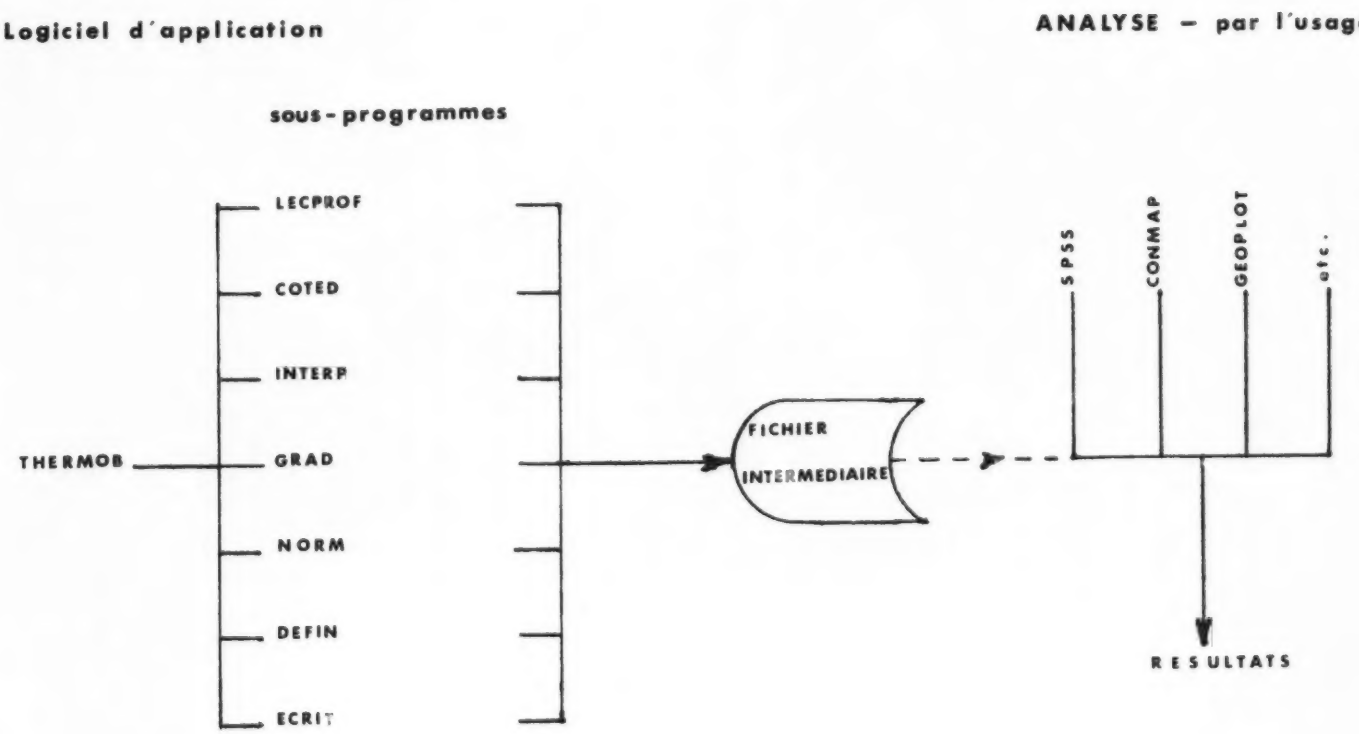

Figure 1 – Logiciel d'application THERMOB

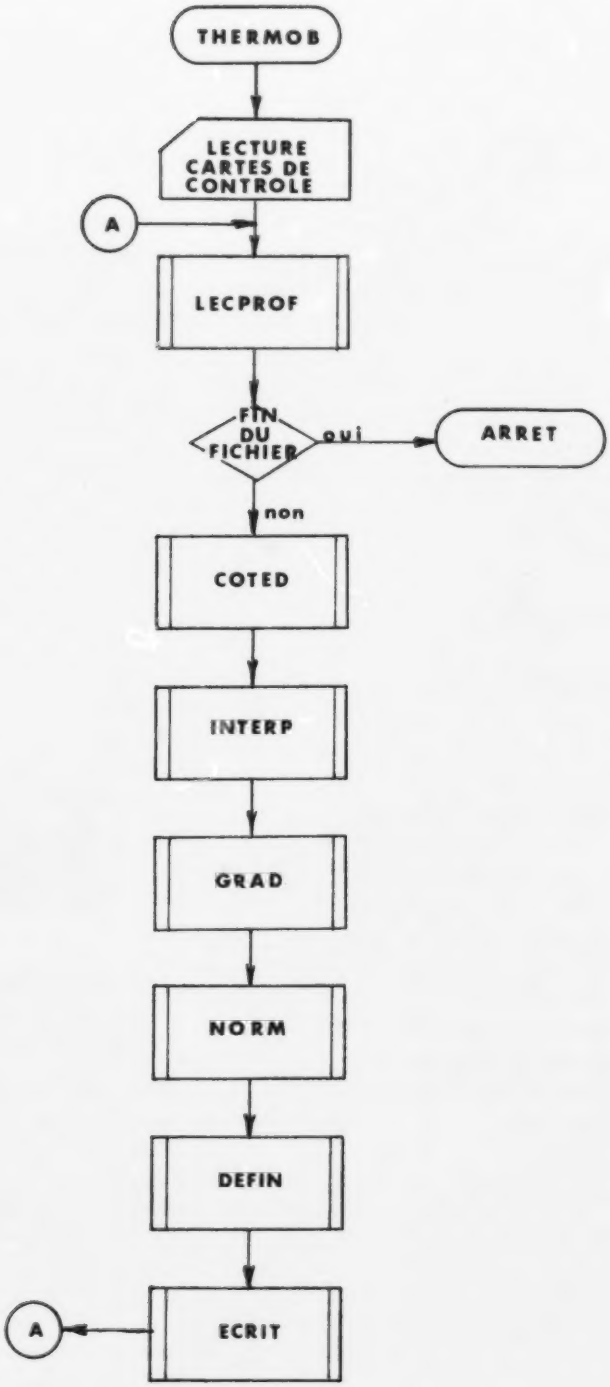

Figure 2 – Programme principal THERMOB

La deuxième carte contient les paramètres de calcul et de normalisation des gradients, soit:

i) IOPT1 — Normalisation par rapport à la moyenne algébrique des gradients (0 = non, 1 = oui)

ii) IOPT2 — Normalisation par rapport à la moyenne des valeurs absolues des gradients (0 = non, 1 = oui)

iii) IOPT3 — Normalisation par rapport à l'écart-type des gradients (0 = non, 1 = oui)

iv) MINORM — Valeur absolue minimum d'un gradient qui ait un sens physique (dépend de la méthode d'enregistrement des données) (ex. −0.04° C/m s'écrit 4)

v) RMIN — Valeur normalisée maximum définissant une thermocline (ex. −1.00 s'écrit −100)

vi) RMAX — Valeur normalisée minimum définissant une inversion[1] (ex. 1.00 s'écrit 100)

Aucun de ces paramètres n'étant implicite, ces cartes sont indispensables à l'exécution.

3.2 Sous-programme de lecture LECPROF

3.2.1 But

Ce sous-programme (fig. 3 & app. IV) lit un profil provenant de la banque de données BT du SDMM[2], celle-ci ayant une forme séquentielle (SWEERS, 1970a, p.121). Seuls les champs réservés à l'en-tête, la profondeur et la température sont lus, les autres étant ignorés.

3.2.2 Variations de LECPROF

Les données BT feront désormais partie d'une base de données gérée par le SYSTEM 2000[3] permettant ainsi un accès plus facile et plus rapide. Par conséquent, afin d'accéder au données ainsi stockées, il faudra écrire un nouveau sous-programme de lecture qui fera appel à certains énoncés propre au Fortran PLI[4] du SYSTEM 2000.

Comme nous entrevoyons disposer de profils thermiques obtenus à l'aide d'instruments autres que les BT, il faudra écrire d'autres versions de LECPROF adaptées aux formats de chacune de ces sources de données. De même si un usager est interessé à l'étude de structures de variables autres que la température il faudra effectuer les changements pertinents pour accéder à ces variables.

[1] Dans la suite du texte et dans les programmes et sous-programmes, thermocline signifie une stratification dont le gradient est négatif alors qu'inversion indique une stratification dont le gradient est positif.

[2] SDMM: Direction des Services des données sur le milieu marin

[3] Logiciel de gestion des données mis sur le marché par MRI Corporation (Austin, TEXAS)

[4] Procedural Language Interface

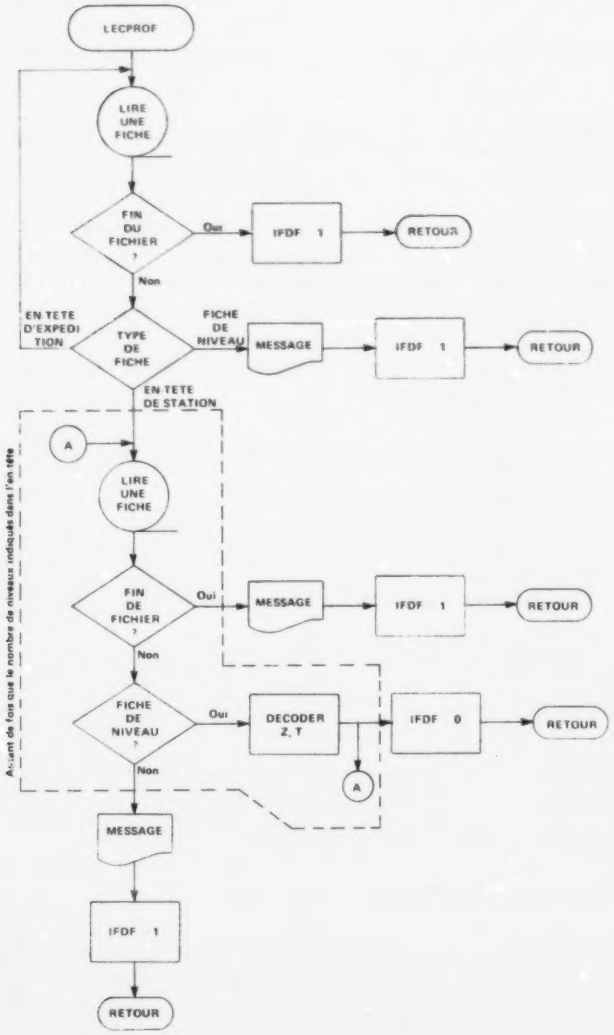

Figure 3 – Sous-programme de lecture LECPROF

3.3 Sous-programme de calcul du carré COTED

Ce sous-programme génère un code servant à désigner, de façon unique, une région de 10° de côté (Sweers, 1970).

Une extension du système pour désigner toute région de 1° de côté est possible et la figure 4 illustre la marche à suivre pour obtenir ce code géographique, dans sa version complète. C'est ce dernier que nous utiliserons.

Figure 4 - Tableau de décisions pour le calcul du carré COTED (Sweers, 1970b)

LATITUDE NORD?	O	O	N	N
LONGITUDE OUEST?	O	N	O	N
X = LAT. + 90	X	X		
X = 90-LAT.			X	X
Y = LONG.	X		X	
Y = 360-LONG.		X		X
NN = X/10	X	X	X	X
DN = X-NN*10	X	X	X	X
WW = Y/10	X	X	X	X
DW = Y-WW*10	X	X	X	X
Carré COTED = NNWWDNDW	X	X	X	X

O = OUI
N = NON

3.4 Sous-programme d'interpolation INTERP

3.4.1 Objectif

Afin d'en définir la structure thermique, chaque profil doit être découpé en intervalles constants de profondeur (Boudreault & Laprise, 1973); les gradients calculés ne pourront donc pas tendre vers l'infini. Selon la méthode de saisie et de compaction des données, la méthode d'interpolation pourrait être différente. Dans le cas des données employées jusqu'à maintenant, soit les données bathythermographiques traitées et archivées au SDMM, une interpolation linéaire (Yergen, 1969) suffisait pour recréer les valeurs d'origine à ±0.05°C.

3.4.2 Description du sous-programme

L'usager doit définir l'intervalle de profondeur (DINTER) de même que les immersions auxquelles l'interpolation débutera (DBINTER) et finira (FINTER) (fig. 5 & app. V).

Quant au nombre de niveaux que posséde le profil, à l'entrée, il est transmit à ce sous-programme - ci par le sous-programme de lecture LECPROF (variable NIVEAUX).

La sortie de ce sous-programme est constituée de l'ensemble des paires immersions - températures (Z(I), T(I)) interpolées.

3.4.3 Variations possibles

Certaines données se prêtent difficilement à une interpolation linéaire à cause de la méthode de saisie. Les observations d'hydrologie classiques, prises à des niveaux choisis subjectivement par le chercheur, en sont une illustration.

Malgré les imprécisions associées à de telles mesures discontinues (Rattray, 1962), il est possible de songer à une interpolation appropriée (Reiniger & Ross, 1968).

Nous pourrions donc utiliser un (des) sous-programme(s) d'interpolation non-linéaire pour effectuer une telle analyse de la structure thermique.

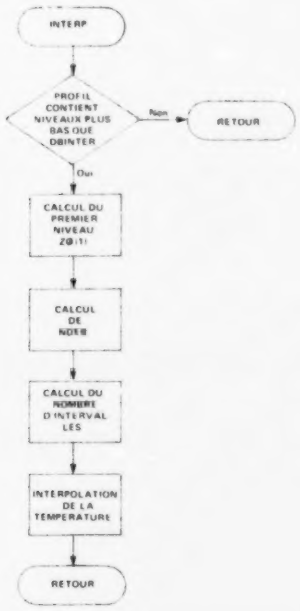

Figure 5 – Sous–programme d'interpolation INTERP

3.5 Sous-programme de calcul des gradients GRAD

Ce sous-programme (app. VI) calcule le gradient thermique dans chaque intervalle de profondeur ainsi que pour l'ensemble du profil le gradient moyen, la moyenne des valeurs absolues des gradients et l'écart-type des gradients. Si dans l'avenir d'autres types de moyennes s'avèrent nécessaires, ce sous-programme sera facilement modifiable.

3.6 Sous-programme de normalisation des gradients NORM

Ce sous-programme (app. VII) normalise les valeurs de gradient thermique en employant la moyenne appropriée à l'option choisie (cf. carte de contrôle du calcul des gradients App. III).

3.7 Sous-programme de diagnostic DEFIN

3.7.1 Objectif

Le calcul des gradients et leur normalisation ayant été faits, il s'agit maintenant de détecter la présence de structures (thermocline, inversion) et d'en décrire les caractéristiques: profondeur du début, épaisseur, température du début de la structure, série des valeurs des gradients et des gradients normalisés.

3.7.2 Description du logiciel

La définition des structures se fait à l'aide de deux valeurs de contrôle, soient RMIN et RMAX, définies par l'usager (fig. 6 et app. VIII). La première est la valeur algébrique maximum à laquelle un gradient normalisé fait partie d'une thermocline, la seconde étant la valeur algébrique minimum du gradient normalisé définissant une inversion.

Il s'agit donc de comparer chacun des gradients normalisés d'un profil à ces deux valeurs et d'identifier ainsi le type de structure auquel l'intervalle de profondeur appartient. Nous obtiendrons ainsi la description des structures (profondeur du début, épaisseur, etc.).

3.7.3 Exemples de definition de structures

Les figures 7 et 8 illustrent le diagnostic généré par DEFIN pour quelques profils. Les profils obtenus du fichier BT sont tracés et les valeurs interpolées y sont superposées sous forme de triangles. Le gradient de chaque intervalle est imprimé ainsi que le diagnostic pour chacune des options. Au dessus du titre MOYENNES, nous donnons le gradient moyen sous le diagnostic de l'option 1, la moyenne des valeurs absolues des gradients sous l'option 2 et l'écart-type des gradients sous l'option 3.

Les intervalles appartenant à une thermocline sont indiqués par un signe "-", ceux appartenant à une inversion par un signe "+", les "0" indiquant un intervalle où le gradient est faible, i.e. supérieur à RMIN et inférieur à RMAX. Dans ces exemples RMIN était égal à -1.0 et RMAX égal à 1.0. Là où le diagnostic n'a pas été imprimé, la moyenne était inférieure en valeur absolue à DIVMIN: le seuil de résolution du système (dans ce cas 0.04°C/m).

3.8 Sous-programme de sortie ECRIT

3.8.1 Objectif

Une fois la description des profils terminée il faut créer un fichier intermédiaire contenant toute l'information nécessaire à une analyse subséquente (app. IX). La structure de ce fichier représente un point d'équilibre entre la quantité d'information pouvant être extraite directement et l'économie d'espace d'archivage. Le fichier créé répond aux besoins prévus au moment de son implantation mais ne représente certainement pas l'unique façon d'archiver la description des profils, ni la meilleure façon puisque ce qualificatif est directement relié à l'usage qu'on veut en faire.

3.8.2 Description du fichier

La fichier est présentement enregistré sur une bande magnétique de façon séquentielle triée par mois et par carré Coted à l'intérieur de chaque mois. Il est composé de deux types de fiches logiques: la fiche d'en-tête et la fiche de structures.

3.8.2.1 En-tête

La fiche d'en-tête contient l'information générale d'un profil: identification, position, date et heure, conditions météo, conditions d'interpolation, moyenne des gradients selon l'option et nombre de thermoclines et d'inversions, dans le format décrit à la figure 9.

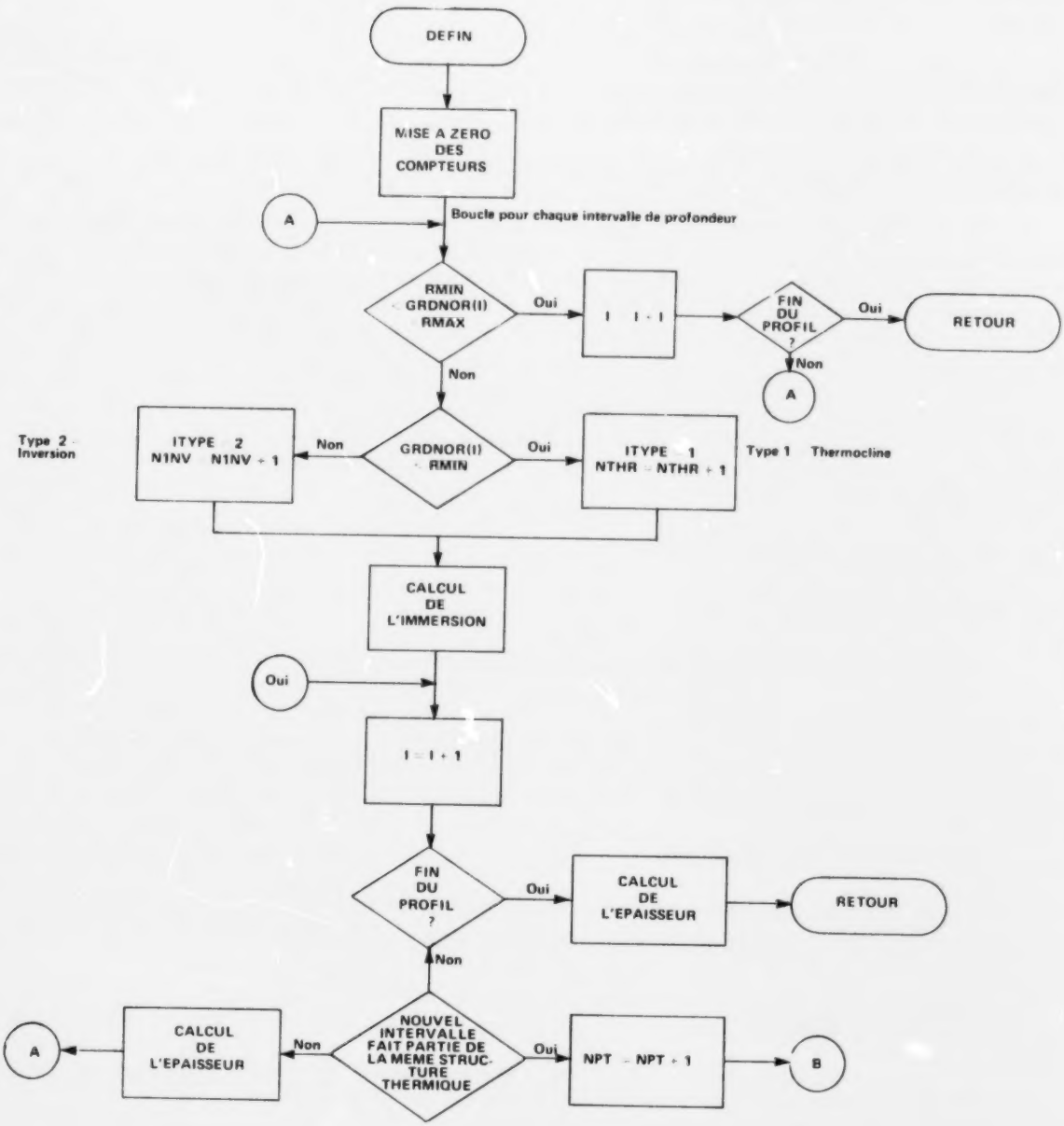

Figure 6 – Sous-programme de diagnostic DEFIN

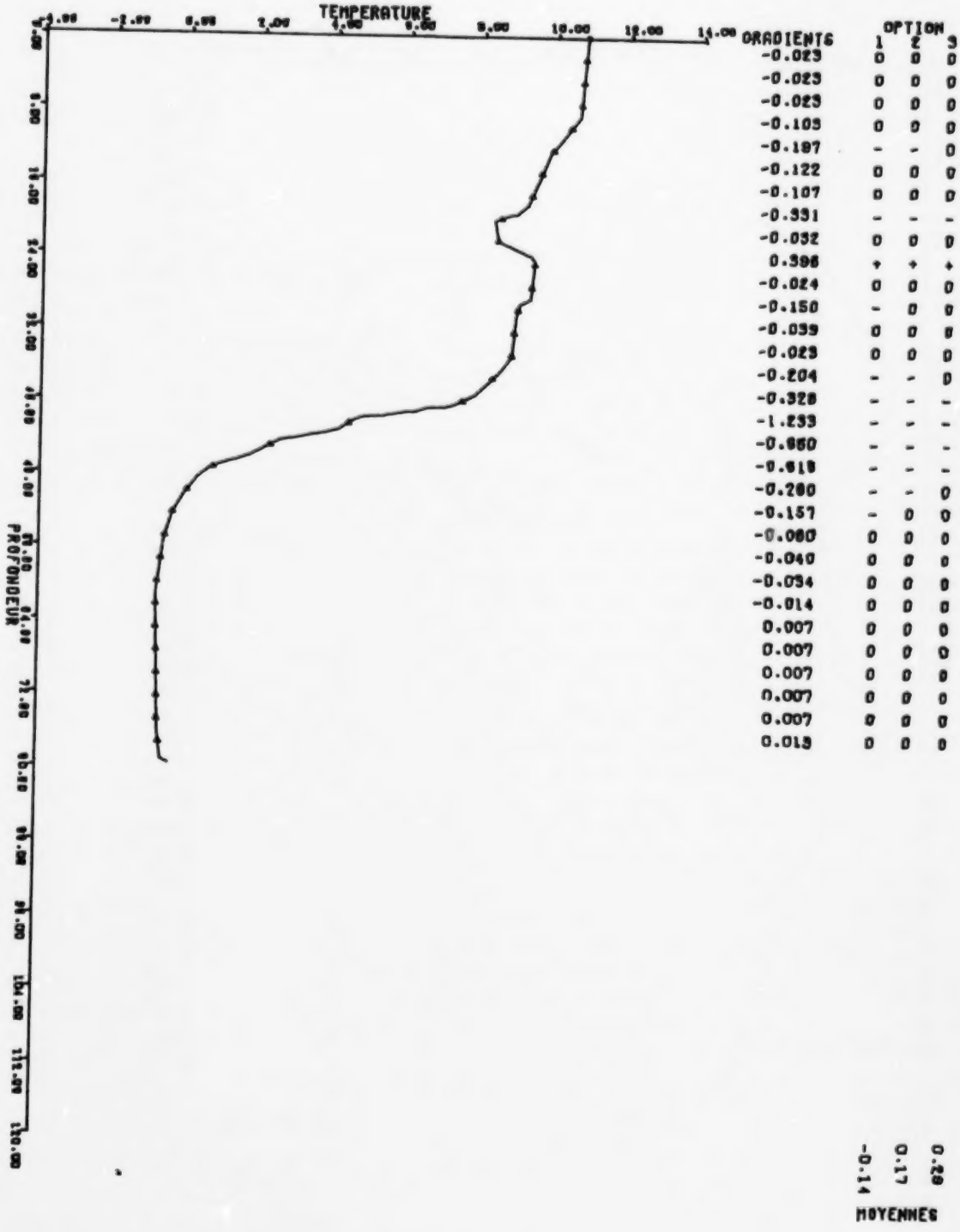

Figure 7 – Exemple de diagnostic

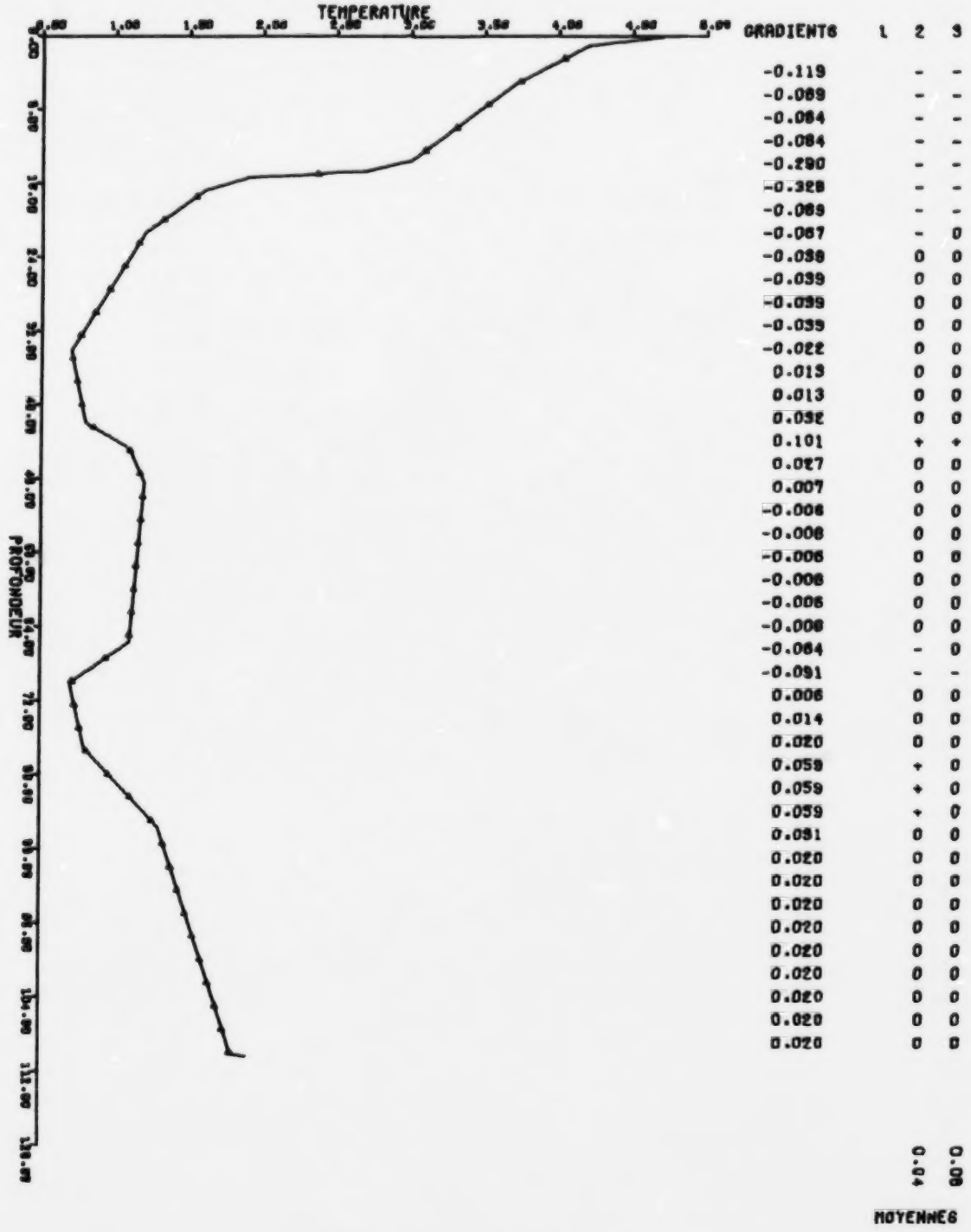

Figure 8 – Exemple de diagnostic

Ordre	Champ	Format	Description
1	ICRN	I9	Numéro d'expédition
2	ISTN	I3	Numéro de station
3	LAH	A1	Hemisphère de latitude
4	LAT	I6	Latitude DDMM.MM
5	LOH	A1	Hemisphère de longitude
6	LON	I7	Longitude DDDMM.MM
7	IAN	I2	Année de l'observation
8	MOIS	I2	Mois de l'observation
9	JOUR	I2	Jour de l'observation
10	IHEURE	I4	Heure T.U. (HHMM)
11	NIVEAUX	I2	Nombre de niveaux dans le profil
12	CARRE MARSDEN	I3	Identification du carré de 10°
13	ISONDE	I5	Profondeur du fond en 0.1 m
14	Libre	5X	
15	NEBULOSITE	I1	Nébulosité en octants
16	DIR. VENT	I2	Direction du vent en 10°
17	VIT. VENT	I2	Vitesse du vent
18	Code WW	I2	Description codifiée de la météo
19	PRESS	I3	Pression atmosphérique en 0.1 dBar, le chiffre des centaines éliminé (ex. 965.5db s'écrit 655)
20	TEMPAIR	I3	Température de l'air en 0.1°C
21	TEMPHM	I3	Température du thermomètre humide en 0.1°C
22	PDVAG	I2	Période des vagues en secondes
23	HTVAG	I2	Hauteur des vagues en multiples de 0.5 m
24	DIRHL	I2	Direction de la houle, en 10°
25	PERHL	I2	Période de la houle en secondes
26	HTHL	I2	Hauteur de la houle en multiples de 0.5 m
27	CLASSE	I1	Classification des données
28	ITYP	I1	Type de fiche dans Oceans V
29	ICOTED	I6	Carré Coted
30	INTER	I4	Intervalle d'interpolation en décimètres
31	IDB	I5	Profondeur du début de l'interpolation en décimètres
32	IFIN	I5	Profondeur de la fin de l'interpolation en décimètres
33	NDEB	I2	Numéro d'ordre du premier intervalle interpolé
34	IOPT	I1	Option de normalisation
35	MOY	I5	Moyenne (selon l'option) en .01°C/m
36	INDIC	I1	Indication de normalisation
37	MIN	I4	Gradient normalisé maximal définissant une thermocline (ex. −1. s'écrira −100)
38	MAX	I4	Gradient normalisé minimal définissant une inversion (ex. 1.0 s'écrira 100)
39	NTHR	I3	Nombre de thermoclines
40	NINV	I3	Nombre d'inversions

Figure 9 – Format de la fiche d'en-tête

3.8.2.2 Structures thermiques

Chacune des fiches d'en-tête est suivie d'un certain nombre de fiches de structure, chacune contenant l'information reliée à une structure thermique particulière (thermocline ou inversion) (fig. 10); bien entendu si le gradient moyen est inférieur au seuil de résolution du système (DIVMIN), il n'y aura aucune fiche de structure.

Figure 10 – Format de fiche de structure

Champ	Format	Description
ICRN	I9	Numéro d'expédition
ISTN	I3	Numéro de station
ITYPE	I1	Type de structure (1 = Thermocline, 2 = Inversion)
IORDRE	I2	Numéro d'ordre pour le type de structure
IZDEB	I6	Profondeur du début en décimètres
NPOINT	I3	Nombre d'intervalles dans la structure
IEPAIS	I5	Epaisseur en décimètres
ITEMP	I5	Température au début en 0.001°C
IGRS(1)	I5	Gradient en 0.01°C/m
IGRS(NPOINT)		
IGRSNOR(1)	I5	Gradient normalisé en 0.01
IGRSNOR(NPOINT)		

3.8.3 Autres formes du fichier intermédiaire

Même si la forme présente du fichier répond aux besoins entrevus, certains des désavantages de ce type de fichier commencent à paraître. Le plus gros de ces défauts étant la taille. Ce défaut est manifeste lorsqu'il s'agit de faire une analyse statistique de l'information contenue dans l'en-tête car il faut alors lire tous les détails des structures pour pouvoir se placer correctement sur la bande magnétique.

Une solution possible serait d'avoir deux fichiers: l'un contenant les en-têtes, l'autre, le détail des structures. Cette solution présente l'avantage de la rapidité d'accès à l'information de l'en-tête; par contre, les programmes de mise à jour deviennent plus compliqués.

Une autre solution serait d'avoir un fichier à accès aléatoire géré par un système du type "SYSTEM 2000". En plus de sa rapidité d'accès, un tel système permet à du personnel non-informaticien d'extraire l'information sans avoir recours, formellement, à des logiciels.

Bien que la création d'un tel fichier soit relativement plus difficile que celle d'un fichier séquentiel, la mise à jour s'en trouve simplifiée.

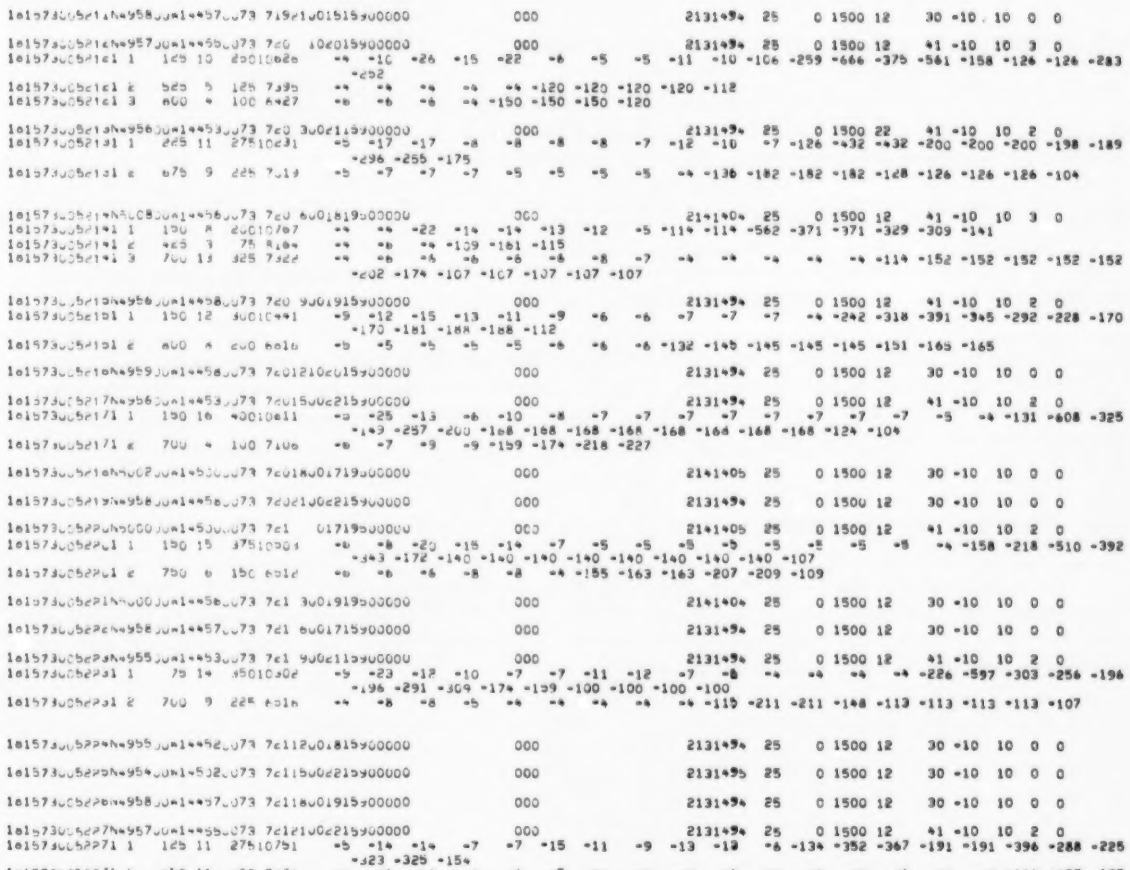

Figure 11 – Impression du fichier intermédiaire

4. QUELQUES ANALYSES POSSIBLES

4.1 Impression du fichier intermédiaire

Afin de vérifier visuellement les données ou pour fins de traitement manuel d'une petite partie des données, il est souvent fort utile d'imprimer l'information contenue dans le fichier intermédiaire de façon claire et lisible pour le non inité (i.e. toute personne qui ne peut pas lire une bande magnétique de vidage). Ce type d'édition est aussi nécessaire pour découvrir des valeurs illogiques ou des erreurs dans l'en-tête. La figure 11 donne un exemple de cette édition afin d'en illustrer les possibilités.

4.2 Edition sur imprimante du diagnostic

Afin de faire une première analyse rapide du diagnostic ou pour détecter des sujets dignes d'analyse plus poussée, une sortie sur imprimante du diagnostic sous forme symbolique peut être executée, tel qu'illustré à la figure 12.

4.3 Distribution géographique d'une variable

La figure 13 montre la distribution spatiale de l'épaisseur de la première thermocline dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent durant une expédition au mois d'août 1974 (CRN. 180674002). Les contours ont été tracés à l'aide du programme CONMAP (Taylor, 1976).

4.4 Distribution statistique

La figure 14 illustre la distribution de probabilité entre l'intensité moyenne d'une thermocline et l'immersion de son début pour les mois d'août et octobre 1973, à la station "P" (45°N; 150°O).

Cette représentation (Taylor et al. 1971) permet de situer rapidement les valeurs typiques du couple immersion-intensité de la thermocline pour cette région et ce temps. Bien entendu, d'autres couples de variables pourraient être étudiés, tel que celui de l'épaisseur et de l'immersion de la thermocline. Une étude comparée des différents mois nous donnerait l'évolution de la relation entre les deux variables dans le temps.

4.5 Distribution temporelle

La figure 15 illustre l'immersion et l'épaisseur de la thermocline à la station "P" (45°N; 150°O) pour l'année 1973 (voir une illustration similaire pour l'année 1956 à la station "P" dans Tully & Giovando, 1963, p. 31). Ce type d'illustration permet un examen de l'évolution de la thermocline saisonnière dans le temps ainsi que de la présence de thermoclines multiples.

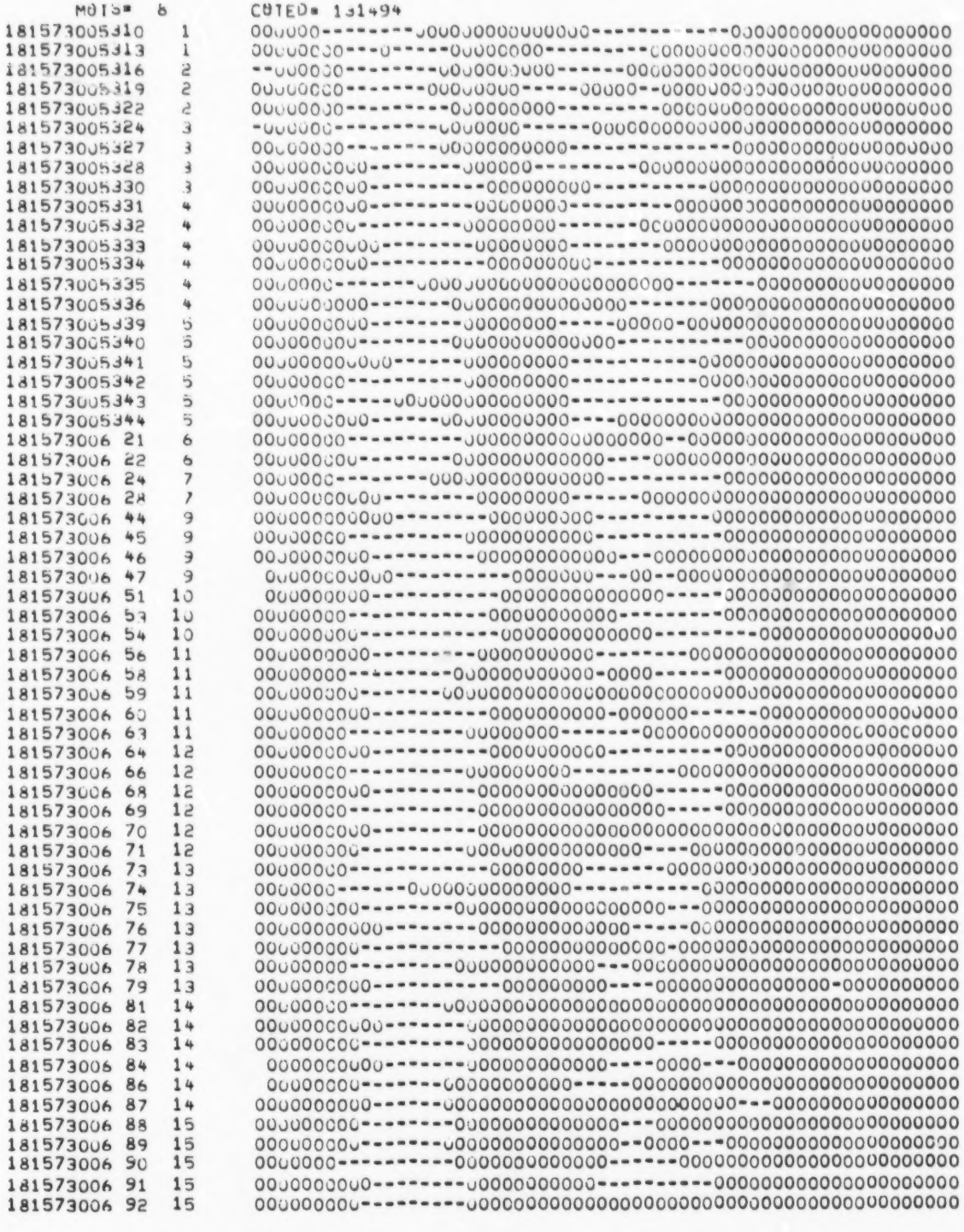

Figure 12 – Sortie sur imprimante du diagnostic

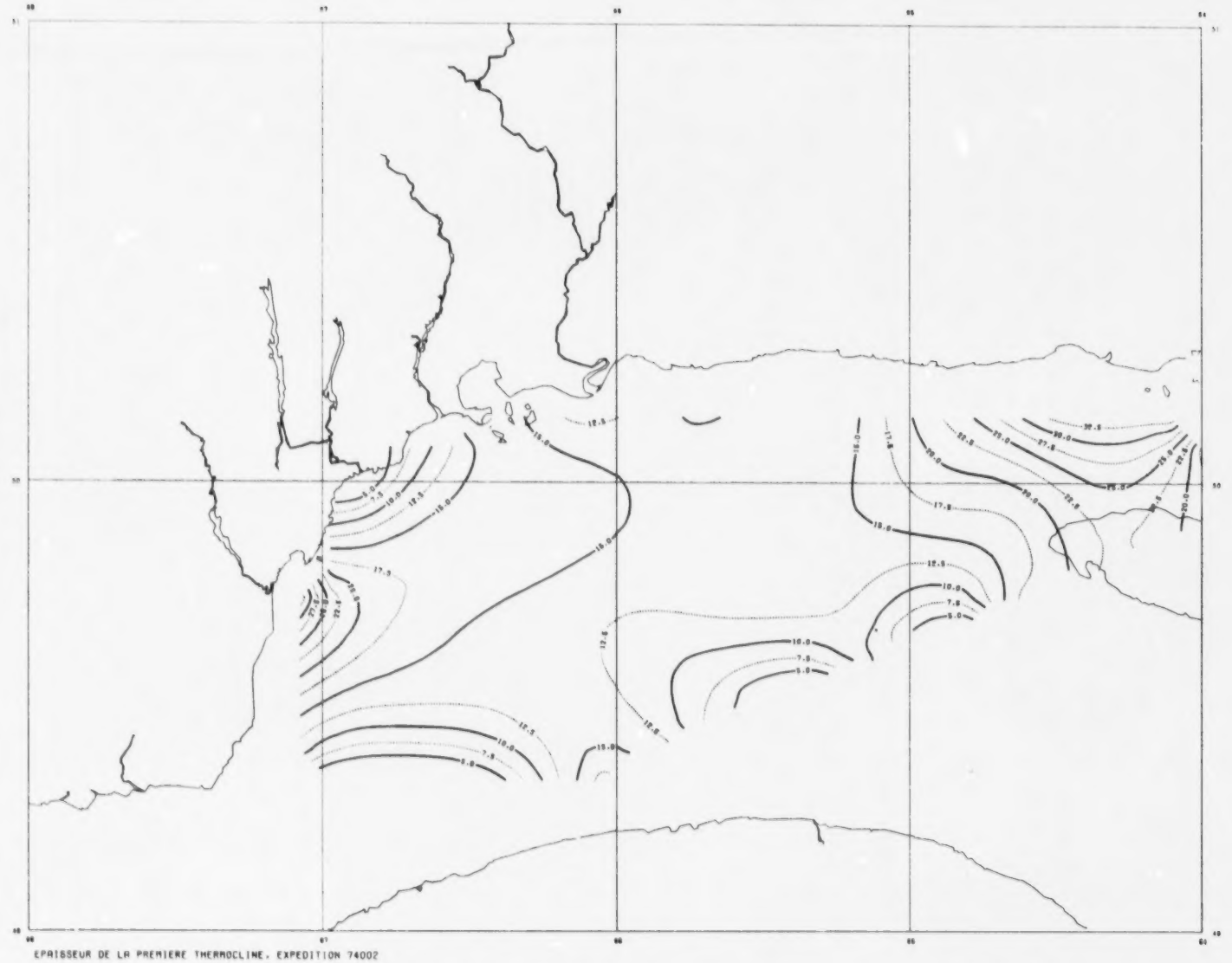

Figure 13 - Epaisseur (m) de la première thermocline dans le nord-ouest du Golfe du Saint-Laurent (août 1974).

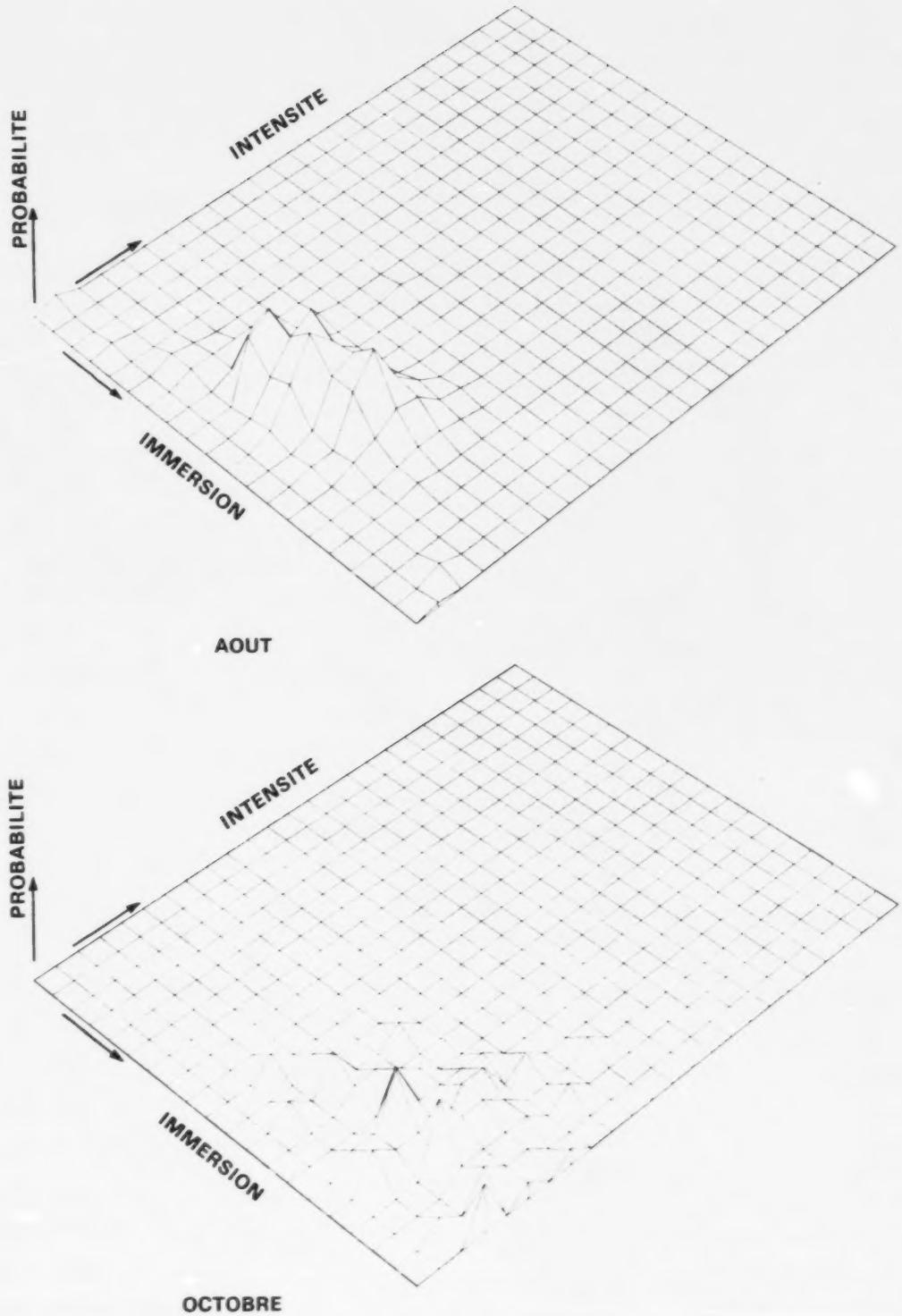

Figure 14 - Distribution de probabilité de l'intensité moyenne d'une thermocline et de l'immersion de son début pour les mois d'août et octobre 1973 à la station "P".

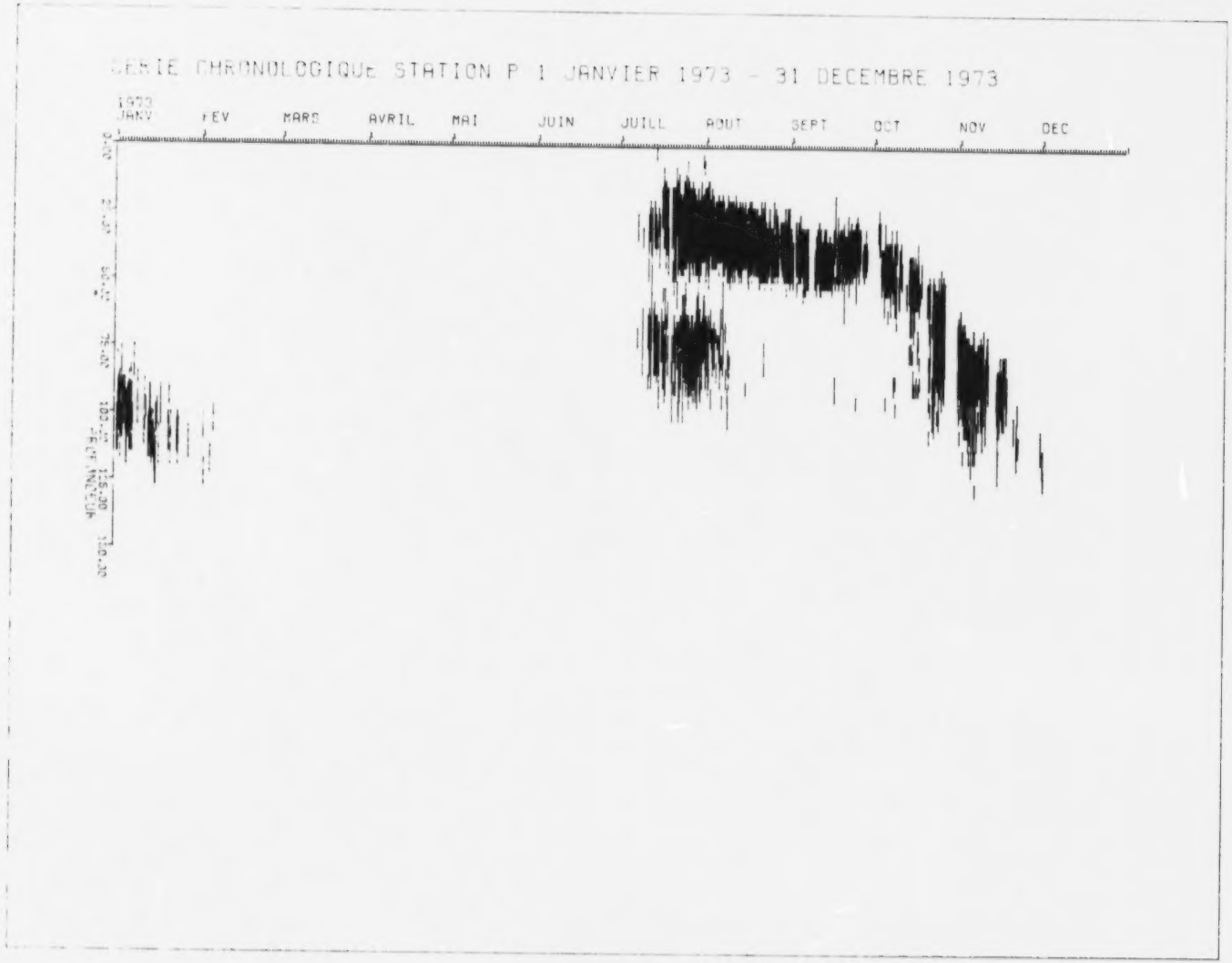

Figure 15 - Immersion et épaisseur de la thermocline à la station "P" en 1973

5. REFERENCES

Birge E.A. 1897. Plankton Studies on Lake Mendota II. Trans. Wisconsin Acad. Sci. Arts & Letters, 11:274-448.

Birge E.A. and C. Juday. 1914. A Limnological Study of the Finger Lakes of New York. U.S. Bureau of Fisheries, Bull., (32):529-609.

Bjerkan P. 1919. Results of the Hydrographical observations made by Dr. Johan Hjort in the Canadian Atlantic waters during the year 1915. Canadian Fish. Exped. 1914-15, Dept. Naval Service, Ottawa, pp. 349-403, Pl. I-III.

Brandhorst W. 1958. Thermocline topography, Zooplankton standing crop, and mechanisms of fertilization in the Eastern tropical Pacific. J. Cons. Explor. Mer, 24(1):16-31.

Bronsted J.N., und C. Wesenberg-Lund. 1911. Chemisch-physikalische Untersuchungen der danischen Gewasser. Internat. Rev. Gesamt. Hydrobiol. und Hydrogr., 4(3-4):251-290.

Boudreault F.-R. 1973. Vers une description statistique de la thermocline saisonnière dans le golfe du Saint-Laurent. Proc. Workshop of physical Sci. in the Gulf and Estuary of St. Lawrence, Univ. du Québec à Rimouski, 11-12 octobre 1973 (M.I. El-Sabh, coordonnateur), pp. 201-216.

Boudreault F.-R. 1977. Rapport de mission au Centre océanologique de Bretagne (France) 20 octobre-20 décembre 1975. Min. Ind. et Comm., Dir. Pêch. marit., Dir. Rech., 27 pp.

Boudreault F.-R. et J.-P. Laprise. 1973. Vers une analyse objective de la thermocline saisonnière. J. Fish. Res. Bd Canada, 30:320-322.

Garcia G. 1974. Biologie de *Penaeus duorarum notiatis* en Côte d'Ivoire. IV. Relations entre la répartition et les conditions du milieu, étude des variations du sex-ratio. Doc. Scient. Centre Rech. Océanogr. Abidjan, 5(3-4):1-39.

Herbland A. et J. Pages. 1975. L'adénosine triphosphatase (ATP) dans le dôme de Guinée: distribution verticale et signification écologique. Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., 13:163-169.

Jean Y. 1964. Seasonal distribution of Cod *(Gadus morhua* L.) along the Canadian Atlantic Coast in relation to water temperature. J. Fish. Res. Bd Canada, 21(3):429-460.

Kitaygorodskiy S.A. and B.N. Filyushkin. 1963. Thermocline in the Ocean. Trudy Instituta Okeanologii, 66:3-28. (trad. U.S. Naval Oceanogr. Off., trans 262, 1970).

Knudsen M. 1899. Hydrography. The Danish Ingolf-Expedition, 1(1):23-161, pl. I-xxxv.

Lacroix G. 1961. Les migrations verticales journalières des euphausides à l'entrée de la Baie des Chaleurs. Naturaliste can., 93(11):257-316.

Lacroix G. 1967. La distribution verticale nocturne et diurne de la morue *(Gadus morhua* L.) à l'entrée de la Baie des Chaleurs. Naturaliste can., 94:283-296.

Lineykin P.S. 1974. Theory of the main thermocline (a review). Okeanologiya, 14:965-981.

Munk W.H. and E.R. Anderson. 1948. Notes on a theory of the thermocline. J. Mar. Res., 7(3):276-295.

Murray J. and J. Hjort. 1912. The Depths of the Ocean. Macmillan and Co., London, xx, 821 pp.

Pickard G.L. 1964. Descriptive physical oceanography. An Introduction. Macmillan and Co., New York, vii, 199 pp.

Proudman J. 1953. Dynamical oceanography. Methuen and Co., London, xii, 409 pp.

Rattray M. 1962. Interpolation errors and oceanographic sampling. Deep-Sea Res., 9:25-37.

Reiniger, R.F. and C.K. Ross. 1968. A method of interpolation with application to oceanographic data. Deep-Sea Res., 15:185-193.

Rheinheimer G. 1972. Bacteriological investigations in the northern Gulf of Oman. J. Mar. biol. Ass. India, 14(1):365-371.

Robinson A. and H. Stommel. 1959. The Oceanic thermocline and the associated thermohaline circulation. Tellus, 11(3):295-308.

Sandstrom W.J. 1919. The Hydrodynamics of Canadian Atlantic waters. Canadian Fish. Exped. 1914-15, Dept. Naval Service, Ottawa, pp. 221-343, Pl.I-IV.

Sweers H.E. 1970. An improved code to classify the location of marine and terrestrial data. Limnol. and Oceanogr., 15(5):827-832.

Taylor J. 1976. CONMAP: A Computer Program for Contouring Oceanographic Data. Environment Canada, Marine Environmental Data Service, Tech. Note No. 12, 41 pp.

Taylor J., P. Richards and R. Halstead. 1971. Computer Routines for Surface Generation and Display. Dept. of Energy, Mines and Resources, Marine Sciences Br., Ms. Report Series No. 16, 47 pp.

Tizard T.H. 1884. Report on the Deep-Sea temperature observations of ocean-waters. Rep. Sci. Res. H.M.S. Challenger, 1873-76, 1(3):c1-c2, Pl.I-cclviii, tabl. I-VII.

Tizard T.H., H.N. Moseley, J.Y. Buchanan and J. Murray. 1885. Narrative of the Cruise of the H.M.S. Challenger. Rep. Sci. Res. H.M.S. Challenger, 1873-76, 1(2):511-1110.

Tully J.P. and L.F. Giovando. 1963. Seasonal temperature structure in the eastern subarctic Pacific Ocean. Royal Soc. Canada, Spec. Publ. no. 5:10-36.

Vincent A. et G. Kurc. 1969. Les variations de la situation thermique dans le golfe de Gascogne et leur incidence sur l'écologie et la pêche de la sardine en 1968. Rev. Trav. Inst. Pêch. marit., 33(2):203-212.

Voituriez B. et Y. Dandonneau. 1974. Relations entre la structure thermique, la productivité primaire et la régénération des sels nutritifs dans le dôme de Guinée. Cah. ORSTOM, sér. océanogr., 12:241-255.

Welander P. 1971. The Thermocline Problem. Phil. Trans. Roy. Soc. London, A 270:415-421.

Yergen W.E. 1969. Fitting a set of straight lines to a digital BT profile. Technical Report TR-214, U.S. Naval Oceanographic Office, Washington, 31 pp.

6. APPENDICES

Appendice I

```
UNLABELED BLOPL                CARDS ENCOUNTERED IN INPUT              UPDATE 1.2-446.      28/04/79  09.39.02.
*****     *COMPILE OBLDIS

          MODIFICATIONS / CONTROL CARDS



               CORRECTION IDENTS ARE LISTED IN CHRONOLOGICAL ORDER OF INSERTION

          MAIN      LECPROF   COTED     INTERP    DEFIN     GRADIEN   NORMAL    ECRIT
          DEBHIST   SYMBOL    BALAYE    MERGER    DBLDIS    RAPSTRC   PROFPLOT  LISTE
          THERMULT  SELECT    DEFIN     CHRONOPLT TRACER    JN260978  JN280978  JN290978
          JN081178  JN111278  JN201278  JN281278  JN060178  JN0601791 JN160178


DECKS ARE LISTED IN THE ORDER OF THEIN OCCURRENCE ON A NEW PROGRAM LIBRARY IF ONE IS CREATED BY THIS UPDATE

          YANKSSS   MAIN      LECPROF   COTED     INTERP    DEFIN     GRADIEN   NORMAL
          ECRIT     DEBHIST   SYMBOL    BALAYE    MERGER    DBLDIS    RAPSTRC   PROFPLOT
          LISTE     SELECT    THERMULT  TRACER    CHRONOPLT DEBFIN


          DECKS WRITTEN TO COMPILE FILE

          OBLDIS


 THIS UPDATE REQUIRED  341008 WORDS OF CORE.
```

Appendice II

```
                    74/74   OPT=1                    FTN 4.6+446        27/02/79  08.38.37

 1                  PROGRAM THERM02(INPUT,OUTPUT,TAPE1=INPUT,TAPE2=OUTPUT,TAPE3,TAPE4) MAIN        2
               C                                                                      MAIN        3
               C    PROGRAMME POUR DETERMINER L'EXISTENCE DE THERMOCLINES DANS UN PROF MAIN        4
               C    CALCULE LA PROFONDEUR, EPAISSEUR ET INTENSITE                     MAIN        5
 5             C    ENREGISTRE LES RESULTATS SUR UN FICHIER INTERMEDIAIRE POUR        MAIN        6
               C    FINS D'ANALYSE SUBSEQUENTE                                        MAIN        7
               C                                                                      MAIN        8
               C    J. NASR,SDMM,FEVRIER 1976                                         MAIN        9
               C                                                                      MAIN       10
10             C    DEFINITION DES NOMS DE VARIABLES                                  MAIN       11
               C    INDAT   BLOC DES DONNEES DU PROFIL DANS OCEANS                    MAIN       12
               C       Z    PROFONDEUR                                               MAIN       13
               C       T    TEMPERATURE                                              MAIN       14
               C    INTDAT   BLOC DES DONNEES INTERPOLEES                             MAIN       15
15             C       T0   TEMPERATURE INTERPOLEE                                   MAIN       16
               C    NORM   BLOC DES GRADIENTS POUR TOUT LES INTERVALLES DU PROFIL     MAIN       17
               C       GR   GRADIENT                                                 MAIN       18
               C       GRDNOR   GRADIENT NORMALISE                                   MAIN       19
               C    SORT   BLOC DES DONNEES POUR CHAQUE SOUS-STRUCTURE                MAIN       20
20             C       ITYPE   TYPE DE SOUS-STRUCTURE(1=THERMOCLINE,2=INVERSION)     MAIN       21
               C       ZDEB   PROFONDEUR DU DEBU DE LA SOUS-STRUCTURE                MAIN       22
               C       EPAIS   EPAISSEUR                                             MAIN       23
               C       NPT   NOMBRE D'INTERVALLES                                    MAIN       24
               C       GRS   GRADIENT                                                MAIN       25
25             C       GRSNOR   GRADIENT NORMALISE                                   MAIN       26
               C       TEMP   TEMPERATURE AU DEBU DE LA SOUS-STRUCTURE               MAIN       27
               C    ENTET   ENTETE DE STATION DANS OCEANS                             MAIN       28
               C       ICRN   NUMERO D'EXPEDITION                                    MAIN       29
               C       ISTN   NUMERO DE STATION                                      MAIN       30
30             C       LAH,LAT   HEMISPHERE ET VALEUR DE LATITUDE                    MAIN       31
               C       LOH,LON   HEMISPHERE ET VALEUR DE LONGITUDE                   MAIN       32
               C       IAN,MOIS,JOUR,IHEURE   DATE ET HEURE DU PROFIL                MAIN       33
               C       NIVEAUX   NOMBRE DE NIVEAUX ENREGISTRES DANS OCEANS           MAIN       34
               C       INFO   DONNEES DE METEO (VOIR OCEANS)                         MAIN       35
35             C                                                                      MAIN       36
                    COMMON/INDAT/Z(99),T(99)/INTDAT/T0(500)/GRADI/GR(500)             MAIN       37
                    COMMON/NORMAL/GRDNOR(500)                                         MAIN       38
                    COMMON/SORT/ITYPE(20),ZDEB(20),EPAIS(20),NPT(20),GRS(20,100),GRSNO MAIN       39
                   2R(20,100),TEMP(20)                                                MAIN       40
40                  COMMON/ENTET/ICRN,ISTN,LAH,LAT,LOH,LON,IAN,MOIS,JOUR,IHEURE,NIVEAU MAIN       41
                   2X,INFO(4)                                                         MAIN       42
                    REAL MINORM                                                       MAIN       43
               C                                                                      MAIN       44
               C    LIRE CONTROLES                                                    MAIN       45
45             C                                                                      MAIN       46
               C    DEFINITION DES CONTROLES                                          MAIN       47
               C       DINTER   INTERVALLE DE PROFONDEUR POUR L'INTERPOLATION         MAIN       48
               C       DBINTER   DEBUT DE L'INTERPOLATION                            MAIN       49
               C       FINTER   FIN DE L'INTERPOLATION                               MAIN       50
50             C       IOPT1   INDIQUE SI L'OPTION 1 EST DESIREE(0=NON,1=OUI)        MAIN       51
               C       IOPT2,IOPT3   PAREIL POUR LES OPTIONS 2 ET 3                  MAIN       52
               C       MINORM   VALEUR MINIMUM DE GRADIENT MOYEN ACCEPTABLE          MAIN       53
               C       RMIN   GRADIENT NORMALISE MAXIMUM DEFINISSANT UNE THERMOCLINE MAIN       54
               C       RMAX   GRADIENT NORMALISE MINIMUM DEFINISSANT UNE INVERSION   MAIN       55
55             C                                                                      MAIN       56
                    READ(1,10)DINTER,DBINTER,FINTER                                   MAIN       57
                 10 FORMAT(3F5.1)                                                     MAIN       58
```

```
      READ(1,11)IOPT1,IOPT2,IOPT3,MINORM,RMIN,RMAX                    MAIN      59
   11 FORMAT(3I1,3F4.2)                                               MAIN      60
60    C                                                               MAIN      61
      C     LIRE UN PROFIL                                            MAIN      62
      C                                                               MAIN      63
  100 CALL LECPROF(IFDF)                                              MAIN      64
      IF(IFDF.EQ.1) STOP                                              MAIN      65
65    C                                                               MAIN      66
      C     CALCULER LE CARRE COTED                                   MAIN      67
      C                                                               MAIN      68
      CALL COTED(LAT,LON,ICOTED)                                      MAIN      69
      C                                                               MAIN      70
70    C     INTERPOLATION A INTERVALLES CONSTANTS DE PROFONDEUR        MAIN      71
      C                                                               MAIN      72
      C     DEFINITIONS                                               MAIN      73
      C        NINT   NOMBRE DE VALEURS INTERPOLEES                   MAIN      74
      C        NDEB   INTERVALLE OU LE PROFIL DEBUTE                  MAIN      75
75    C                                                               MAIN      76
      CALL INTERP(DINTER,DBINTER,FINTER,NIVEAUX,NINT,NDEB)            MAIN      77
      IF(NINT.LE.1) GO TO 100                                         MAIN      78
      C                                                               MAIN      79
      C     CALCULER LES GRADIENTS                                    MAIN      80
80    C                                                               MAIN      81
      C     DEFINITIONS                                               MAIN      82
      C        SUMGRA   SOMME DES GRADIENTS                           MAIN      83
      C        SUMGRAB   SOMME DE LA VALEUR ABSOLUE DES GRADIENTS     MAIN      84
      C        SUMGRA2   SOMME DES CARRES DES GRADIENTS               MAIN      85
85    C        Z01,Z02   PROFONDEURS D'INTERPOLATION                  MAIN      86
      C        GRADMO   GRADIENT MOYEN                                MAIN      87
      C        ABSMOY   MOYENNE DES GRADIENTS ABSOLUS                 MAIN      88
      C        VARMOY   ECART-TYPE                                    MAIN      89
      C                                                               MAIN      90
90    CALL GRAD(NINT,DINTER,DBINTER,NDEB,GRADMO,ABSMOY,VARMOY)        MAIN      91
      C                                                               MAIN      92
      C     NORMALISATION PAR OPTION                                  MAIN      93
      C                                                               MAIN      94
      NT=NINT-1                                                       MAIN      95
95  300 IF(IOPT1.EQ.0) GO TO 350                                      MAIN      96
      IF(ABS(GRADMO).GE.MINORM) GO TO 310                             MAIN      97
      CALL ECRIT(ICOTED,DINTER,DBINTER,FINTER,NDEB,1,GRADMO,0,RMIN,RMAX, MAIN   98
     20,0)                                                            MAIN      99
      GO TO 350                                                       MAIN     100
100 310 CALL NORM (GRADMO,NT)                                         MAIN     101
      CALL DEFIN(NT,NTHR,NINV,DBINTER,DINTER,NDEB,RMIN,RMAX)          MAIN     102
      CALL ECRIT(ICOTED,DINTER,DBINTER,FINTER,NDEB,1,GRADMO,1,RMIN,RMAX, MAIN  103
     2NTHR,NINV)                                                      MAIN     104
  350 IF(IOPT2.EQ.0) GO TO 400                                        MAIN     105
105   IF(ABSMOY.GE.MINORM) GO TO 360                                  MAIN     106
      CALL ECRIT(ICOTED,DINTER,DBINTER,FINTER,NDEB,2,ABSMOY,0,RMIN,RMAX, MAIN  107
     20,0)                                                            MAIN     108
      GO TO 400                                                       MAIN     109
  360 CALL NORM(ABSMOY,NT)                                            MAIN     110
110   CALL DEFIN(NT,NTHR,NINV,DBINTER,DINTER,NDEB,RMIN,RMAX)          MAIN     111
      CALL ECRIT(ICOTED,DINTER,DBINTER,FINTER,NDEB,2,ABSMOY,1,RMIN,RMAX, MAIN  112
     2NTHR,NINV)                                                      MAIN     113
  400 IF(IOPT3.EQ.0) GO TO 100                                        MAIN     114
      IF(VARMOY.GE.MINORM) GO TO 410                                  MAIN     115
115   CALL ECRIT(ICOTED,DINTER,DBINTER,FINTER,NDEB,3,VARMOY,0,RMIN,RMAX, MAIN  116
     20,0)                                                            MAIN     117
      GO TO 100                                                       MAIN     118
  410 CALL NORM(VARMOY,NT)                                            MAIN     119
      CALL DEFIN(NT,NTHR,NINV,DBINTER,DINTER,NDEB,RMIN,RMAX)          MAIN     120
120   CALL ECRIT(ICOTED,DINTER,DBINTER,FINTER,NDEB,3,VARMOY,1,RMIN,RMAX, MAIN  121
     2NTHR,NINV)                                                      MAIN     122
      GO TO 100                                                       MAIN     123
      END                                                             MAIN     124
```

Appendice III

Format des cartes de contrôle

1. Carte de contrôle de l'interpolation

Champ	Colonnes	Format	Description
1	1-5	F5.1	Incrément d'interpolation
2	6-10	F5.1	Début de l'interpolation
3	11-15	F5.1	Fin de l'interpolation

2. Carte de contrôle du calcul et de validation des gradients

Champ	Colonnes	Format	Description
1	1	I1	Option 1 (0 = non, 1 = oui)
2	2	I1	Option 2 id.
3	3	I1	Option 3 id.
4	4-7	I4	Valeur minimum valide du gradient au centième de °C/m
5	8-11	I4	Valeur maximum du gradient normalisé définissant une thermocline au centième
6	12-15	I4	Valeur minimum du gradient normalisé définissant une inversion, au centième

Appendice IV

```
      SUBROUTINE LECPROF    74/74   OPT=1                    FTN 4.6+446        27/02/79  08.38.37

      SUBROUTINE LECPROF(IFDF)                                                    LECPROF     2
C                                                                                 LECPROF     3
C     LIT UN PROFIL DANS LE FORMAT OCEANS                                         LECPROF     4
C     (SWEERS,H.E.,1970. OCEANS IV. ENERGY,MINES AND RESOURCES,MARINE             LECPROF     5
C     SCIENCE BRANCH,MS. REPT. SER. NO. 15)                                       LECPROF     6
C                                                                                 LECPROF     7
C                                                                                 LECPROF     8
C     J. NASR, SOMM, 17 FEVRIER 1976                                              LECPROF     9
C     LIRE LA DEFINITION DES TERMES DANS LE PROGRAMME PRINCIPAL, EXCEPTE          LECPROF    10
C     POUR LES NOMS SUIVANTS                                                      LECPROF    11
C        IN   VARIABLE D'ENTREPOSAGE A LA SUITE D'UNE LECTURE                     LECPROF    12
C        IFDF   INDEX DE FIN-DE-FICHIER                                           LECPROF    13
C     ITYPE   TYPE DE FICHE LOGIQUE DANS OCEANS                                   LECPROF    14
C                                                                                 LECPROF    15
      DIMENSION IN(8)                                                             LECPROF    16
      COMMON/INDAT/Z(99),T(99)                                                    LECPROF    17
      COMMON/ENTET/ICRN,ISTN,LAH,LAT,LOH,LON,IAN,MOIS,JOUR,IHEURE,NIVEAU          LECPROF    18
     2X,INFO(4)                                                                   LECPROF    19
  100 READ(3,10)IN                                                                LECPROF    20
   10 FORMAT(8A10)                                                                LECPROF    21
      IF(EOF(3))110,200                                                           LECPROF    22
  110 IFDF=1                                                                      LECPROF    23
      RETURN                                                                      LECPROF    24
  200 CONTINUE                                                                    LECPROF    25
      DECODE(10,11,IN(8))ITYPE                                                    LECPROF    26
   11 FORMAT(9X,I1)                                                               LECPROF    27
      IF(ITYPE.EQ.1) GO TO 100                                                    LECPROF    28
      IF(ITYPE.EQ.2) GO TO 300                                                    LECPROF    29
      WRITE(2,12)                                                                 LECPROF    30
   12 FORMAT(1H1,T10,*- - -ERREUR DANS SOUS-ROUTINE LECPROF- - -*T10,*-           LECPROF    31
     2 - -PREMIERE FICHE NON DE TYPE 2- - - *)                                    LECPROF    32
      IFDF=1                                                                      LECPROF    33
      RETURN                                                                      LECPROF    34
  300 CONTINUE                                                                    LECPROF    35
C                                                                                 LECPROF    36
C     DECODER LA FICHE D'ENTETE                                                   LECPROF    37
C                                                                                 LECPROF    38
      DECODE(80,13,IN)ICRN,ISTN,LAH,LAT,LOH,LON,IAN,MOIS,JOUR,IHEURE,NIV          LECPROF    39
     2EAUX,INFO                                                                   LECPROF    40
   13 FORMAT(I9,I3,A1,I6,A1,I7,3I2,I4,I2,4A10,1X)                                 LECPROF    41
C                                                                                 LECPROF    42
C     LIRE LES FICHES DE NIVEAUX                                                  LECPROF    43
C                                                                                 LECPROF    44
      DO 400 N=1,NIVEAUX                                                          LECPROF    45
      READ(3,10)IN                                                                LECPROF    46
      IF(EOF(3))310,320                                                           LECPROF    47
  310 WRITE(2,14)                                                                 LECPROF    48
   14 FORMAT(1H1,T10,*- - -FIN DE FICHIER PREMATUREE- - -*)                       LECPROF    49
      IFDF=1                                                                      LECPROF    50
      RETURN                                                                      LECPROF    51
  320 DECODE(10,11,IN(8))ITYPE                                                    LECPROF    52
      IF(ITYPE.EQ.3)GO TO 330                                                     LECPROF    53
      WRITE(2,15)                                                                 LECPROF    54
   15 FORMAT(1H1,T10,*- - -FICHE DE TYPE NON 3 AVANT NOMBRE DE NIVEAUX D          LECPROF    55
     2ECRITS- - -*)                                                               LECPROF    56
      IFDF=1                                                                      LECPROF    57
      RETURN                                                                      LECPROF    58
  330 DECODE(80,16,IN)Z(N),T(N)                                                   LECPROF    59
   16 FORMAT(16X,F5.1,6X,F5.3,48X)                                                LECPROF    60
  400 CONTINUE                                                                    LECPROF    61
      IFDF=0                                                                      LECPROF    62
      RETURN                                                                      LECPROF    63
      END                                                                         LECPROF    64
```

Appendice V

```
SUBROUTINE INTERP     74/74   OPT=1                    FTN 4.6+446     27/02/79  08.38.37

1                     SUBROUTINE INTERP(DINTER,DBINTER,FINTER,NIVEAUX,NINT,NDEB)      INTERP      2
                C                                                                     INTERP      3
                C     INTERPOLLE LA TEMPERATURE A INTERVALLES CONSTANTS DE PROFONDEUR  INTERP      4
                C                                                                     INTERP      5
5               C     VOIR LA DEFINITION DES TERMES DANS LE PROGRAMME PRINCIPAL       INTERP      6
                C                                                                     INTERP      7
                      DIMENSION Z0(500)                                               INTERP      8
                      COMMON/INDAT/Z(99),T(99)/INTDAT/T0(500)                         INTERP      9
                      NINT=0                                                          INTERP     10
10              C                                                                     INTERP     11
                C     DETERMINE LA PREMIERE PROFONDEUR D'INTERPOLATION                INTERP     12
                C                                                                     INTERP     13
                      IF(Z(NIVEAUX).LE.DBINTER) RETURN                                INTERP     14
                      IF(Z(1).LE.DBINTER) GO TO 200                                   INTERP     15
15                    Z0(1)=IFIX(Z(1)/DINTER)*DINTER                                  INTERP     16
                      IF(Z0(1).LT.Z(1))Z0(1)=Z0(1)+DINTER                             INTERP     17
                      NDEB=(Z0(1)-DBINTER)/DINTER+1                                   INTERP     18
                      GO TO 300                                                       INTERP     19
                200   Z0(1)=DBINTER                                                   INTERP     20
20                    NDEB=1                                                          INTERP     21
                C                                                                     INTERP     22
                C                                                                     INTERP     23
                C     DETERMINE LE NOMBRE DE NIVEAUX A INTERPOLER                     INTERP     24
                C                                                                     INTERP     25
25              300   IF(Z(NIVEAUX).GE.FINTER) GO TO 310                              INTERP     26
                      NINT=IFIX((Z(NIVEAUX)-Z0(1))/DINTER)+1                          INTERP     27
                      GO TO 320                                                       INTERP     28
                310   NINT=IFIX((FINTER-Z0(1))/DINTER)+1                              INTERP     29
                C                                                                     INTERP     30
30              C     INTERPOLATION                                                   INTERP     31
                C                                                                     INTERP     32
                320   N=1                                                             INTERP     33
                      I=1                                                             INTERP     34
                350   IF(Z(I).GE.Z0(N)) GO TO 360                                     INTERP     35
35                    I=I+1                                                           INTERP     36
                      GO TO 350                                                       INTERP     37
                360   IF(Z(I).EQ.Z0(N)) GO TO 370                                     INTERP     38
                      T0(N)=T(I-1)+((T(I)-T(I-1))*(Z0(N)-Z(I-1))/(Z(I)-Z(I-1)))       INTERP     39
                      GO TO 380                                                       INTERP     40
40              370   T0(N)=T(I)                                                      INTERP     41
                380   N=N+1                                                           INTERP     42
                      IF(N.GT.NINT) RETURN                                            INTERP     43
                      Z0(N)=Z0(1)+N*DINTER-DINTER                                     INTERP     44
                      GO TO 350                                                       INTERP     45
45                    END                                                             INTERP     46
```

Appendice VI

```
 SUBROUTINE GRAD       74/74   OPT=1                    FTN 4.6+446      27/02/79  08.38.37

 1                     SUBROUTINE GRAD(NINT,DINTER,DBINTER,NDEB,GRADMO,ABSMOY,VARMOY)     GRADIEN     2
                C                                                                         GRADIEN     3
                C      CALCULE LES GRADIENTS DE TEMPERATURE D'UN PROFIL AINSI QUE LES     GRADIEN     4
                C      MOYENNES                                                           GRADIEN     5
 5              C                                                                         GRADIEN     6
                C      DEFINITION DES VARIABLES DANS LE PROGRAMME PRINCIPAL               GRADIEN     7
                C                                                                         GRADIEN     8
                C      FEVRIER 1978, DETACHE DU PROGRAMME PRINCIPAL, J. NASR              GRADIEN     9
                C                                                                         GRADIEN    10
10                    COMMON/INTDAT/T0(500)/GRADI/GR(500)                                GRADIEN    11
                      SUMGRA=0                                                           GRADIEN    12
                      SUMGRAB=0                                                          GRADIEN    13
                      SUMGRA2=0                                                          GRADIEN    14
                      DO 100 I=2,NINT                                                    GRADIEN    15
15                    Z01=(I+NDEB-3)*DINTER+DBINTER                                      GRADIEN    16
                      Z02=(I+NDEB-2)*DINTER+DBINTER                                      GRADIEN    17
                      K=I-1                                                              GRADIEN    18
                      GR(K)=(T0(I)-T0(I-1))/(Z02-Z01)                                    GRADIEN    19
                      SUMGRA=SUMGRA+GR(K)                                                GRADIEN    20
20                    SUMGRAB=SUMGRAB+ABS(GR(K))                                         GRADIEN    21
                100   SUMGRA2=SUMGRA2+GR(K)*GR(K)                                        GRADIEN    22
                      NT=NINT-1                                                          GRADIEN    23
                      GRADMO=SUMGRA/NT                                                   GRADIEN    24
                      ABSMOY=SUMGRAB/NT                                                  GRADIEN    25
25                    IF(NT.LE.2) GO TO 110                                              GRADIEN    26
                      VARMOY=SQRT(ABS((SUMGRA2*NT)-(SUMGRA*SUMGRA))/(NT*(NT-1)))        GRADIEN    27
                      GO TO 120                                                          GRADIEN    28
                110   VARMOY=0                                                           GRADIEN    29
                120   CONTINUE                                                           GRADIEN    30
30                    RETURN                                                             GRADIEN    31
                      END                                                                GRADIEN    32
```

Appendice VII

```
     SUBROUTINE NORM       74/74   OPT=1                ETN 4.6+446      27/02/79  08.38.37

1                    SUBROUTINE NORM(AMOY,NT)                                NORMAL      2
                C                                                            NORMAL      3
                C    NORMALISE LES GRADIENTS                                 NORMAL      4
                C    AMOY EST LA MOYENNE SELON L'OPTION ELUE                 NORMAL      5
5               C    FEVRIER 1978, DETACHEE DU PROGRAMME PRINCIPAL, J. NASR  NORMAL      6
                C                                                            NORMAL      7
                     COMMON/GRADI/GR(500)/NORMAL/GRDNOR(500)                 NORMAL      8
                     DO 100 I=1,NT                                           NORMAL      9
              100    GRDNOR(I)=GR(I)/AMOY                                    NORMAL     10
10                   RETURN                                                  NORMAL     11
                     END                                                     NORMAL     12
```

Appendice VIII

```
SUBROUTINE DEFIN      74/74   OPT=1                    FTN 4.6+446      27/02/79  08.38.37

1                     SUBROUTINE DEFIN(NT,NTHR,NINV,DBINTER,DINTER,NDEB,AMIN,AMAX)      DEFIN      2
                C                                                                       DEFIN      3
                C     DEFINIE LES STRUCTURES THERMIQUES ET LEURS CARACTERISTIQUES        DEFIN      4
                C                                                                       DEFIN      5
5               C     VOIR DEFINITION DES TERMES DANS LE PROGRAMME PRINCIPAL EXCEPTE     DEFIN      6
                C     POUR LES TERMES SUIVANTS                                          DEFIN      7
                C     NTHR   NOMBRE DE THERMOCLINES                                     DEFIN      8
                C     NINV   NOMBRE D'INVERSIONS                                        DEFIN      9
                C                                                                       DEFIN     10
10                    COMMON/GRADI/GR(500)/NORMAL/GRDNOR(500)                           DEFIN     11
                      COMMON/SORT/ITYPE(20),ZDEB(20),EPAIS(20),NPT(20),GRS(20,100),GRSNO DEFIN     12
                     2R(20,100),TEMP(20)                                                DEFIN     13
                      COMMON/INTDAT/T0(500)                                             DEFIN     14
                      I=1                                                               DEFIN     15
15                    N=0                                                               DEFIN     16
                      NTHR=0                                                            DEFIN     17
                      NINV=0                                                            DEFIN     18
                      RMIN=AMIN-1.E-3                                                   DEFIN     19
                      RMAX=AMAX+1.E-3                                                   DEFIN     20
20              100   IF(GRDNOR(I).GT.RMIN.AND.GRDNOR(I).LT.RMAX) GO TO 110            DEFIN     21
                      GO TO 120                                                         DEFIN     22
                110   I=I+1                                                             DEFIN     23
                      IF(I.GT.NT) RETURN                                                DEFIN     24
                      GO TO 100                                                         DEFIN     25
25              120   N=N+1                                                             DEFIN     26
                      IF(GRDNOR(I).LE.RMIN) GO TO 210                                   DEFIN     27
                200   NINV=NINV+1                                                       DEFIN     28
                      ITYPE(N)=2                                                        DEFIN     29
                      GO TO 230                                                         DEFIN     30
30              210   NTHR=NTHR+1                                                       DEFIN     31
                      ITYPE(N)=1                                                        DEFIN     32
                230   NPT(N)=1                                                          DEFIN     33
                      NB=NPT(N)                                                         DEFIN     34
                      ZDEB(N)=DBINTER+(NDEB+I-2)*DINTER                                 DEFIN     35
35                    TEMP(N)=T0(I)                                                     DEFIN     36
                250   GRS(N,NB)=GR(I)                                                   DEFIN     37
                      GRSNOR(N,NB)=GRDNOR(I)                                            DEFIN     38
                      I=I+1                                                             DEFIN     39
                      IF(I.LE.NT) GO TO 280                                             DEFIN     40
40                    EPAIS(N)=NPT(N)*DINTER                                            DEFIN     41
                      RETURN                                                            DEFIN     42
                280   IF(ITYPE(N).EQ.2) GO TO 400                                       DEFIN     43
                300   IF(GRDNOR(I).GT.RMIN) GO TO 320                                   DEFIN     44
                310   NPT(N)=NPT(N)+1                                                   DEFIN     45
45                    NB=NPT(N)                                                         DEFIN     46
                      GO TO 250                                                         DEFIN     47
                320   IF(GRDNOR(I).GE.RMAX) GO TO 350                                   DEFIN     48
                330   EPAIS(N)=NPT(N)*DINTER                                            DEFIN     49
                      GO TO 110                                                         DEFIN     50
50              350   EPAIS(N)=NPT(N)*DINTER                                            DEFIN     51
                      N=N+1                                                             DEFIN     52
                      GO TO 200                                                         DEFIN     53
                400   IF(GRDNOR(I).LT.RMAX) GO TO 420                                   DEFIN     54
                      GO TO 310                                                         DEFIN     55
55              420   IF(GRDNOR(I).GT.RMIN) GO TO 330                                   DEFIN     56
                      EPAIS(N)=NPT(N)*DINTER                                            DEFIN     57
                      N=N+1                                                             DEFIN     58
                      GO TO 210                                                         DEFIN     59
                      END                                                               DEFIN     60
```

Appendice IX

```
   SUBROUTINE ECRIT      74/74   OPT=1                    FTN 4.6+446        27/02/79  08.38.37

 1                SUBROUTINE ECRIT(ICOTED,DINTER,DBINTER,FINTER,NDEB,IOPT,GMOY,INDIC ECRIT      2
                 2,RMIN,RMAX,NTHR,NINV)                                              ECRIT      3
           C                                                                         ECRIT      4
           C      CREE LE FICHIER INTERMEDIAIRE                                      ECRIT      5
 5         C                                                                         ECRIT      6
                  DIMENSION IOUT(102)                                                ECRIT      7
                  DIMENSION IGRS(100),IGRSNOR(100)                                   ECRIT      8
                  COMMON/ENTET/ICRN,ISTN,LAH,LAT,LOH,LON,IAN,MOIS,JOUR,IHEURE,NIVEAU ECRIT      9
                 2X,INFO(4)                                                          ECRIT     10
10                COMMON/SORT/ITYPE(20),ZDEB(20),EPAIS(20),NPT(20),GRS(20,100),GRSNO ECRIT     11
                 2R(20,100),TEMP(20)                                                 ECRIT     12
                  DATA(ITYPE2=2)                                                     ECRIT     13
                  INTER=DINTER*10                                                    ECRIT     14
                  IDB=DBINTER*10                                                     ECRIT     15
15                IFIN=FINTER*10                                                     ECRIT     16
                  MOY=GMOY*100                                                       ECRIT     17
                  MIN=RMIN*10                                                        ECRIT     18
                  MAX=RMAX*10                                                        ECRIT     19
                  ENCODE(130,10,IOUT)ICRN,ISTN,LAH,LAT,LOH,LON,IAN,MOIS,JOUR,IHEURE, ECRIT     20
20                2NIVEAUX,INFO,ITYPE2,ICOTED,INTER,IDB,IFIN,NDEB,IOPT,MOY,INDIC,MIN, ECRIT     21
                 3MAX,NTHR,NINV                                                      ECRIT     22
                10  FORMAT(I9,I3,A1,I6,A1,I7,3I2,I4,I2,4A10,I1,I6,I4,2I5,I2,I1,I5,I1, ECRIT     23
                 2214,2I3,7X)                                                        ECRIT     24
                  BUFFER OUT(4,0)(IOUT(1),IOUT(13))                                  ECRIT     25
25                IF(UNIT(4))100,900,800                                             ECRIT     26
               100  IF(INDIC.EQ.0) RETURN                                           ECRIT     27
                  NT=NTHR+NINV                                                       ECRIT     28
                  NINV2=0                                                            ECRIT     29
                  NTHR2=0                                                            ECRIT     30
30                DO 200 N=1,NT                                                      ECRIT     31
                  LONG=2*NPT(N)+5+40                                                 ECRIT     32
                  MOTS=LONG/10                                                       ECRIT     33
                  IZDEB=ZDEB(N)*10                                                   ECRIT     34
                  IEPAIS=EPAIS(N)*10                                                 ECRIT     35
35                NPOINT=NPT(N)                                                      ECRIT     36
                  ITEMP=TEMP(N)*1000                                                 ECRIT     37
                  DO 105 I=1,NPOINT                                                  ECRIT     38
                  IGRS(I)=GRS(N,I)*100                                               ECRIT     39
               105  IGRSNOR(I)=GRSNOR(N,I)*100                                     ECRIT     40
40                IF(ITYPE(N).EQ.2) GO TO 110                                        ECRIT     41
                  NTHR2=NTHR2+1                                                      ECRIT     42
                  IORDR=NTHR2                                                        ECRIT     43
                  GO TO 120                                                          ECRIT     44
               110  NINV2=NINV2+1                                                   ECRIT     45
45                IORDR=NINV2                                                        ECRIT     46
               120  ENCODE(150,11,IOUT)ICRN,ISTN,ITYPE(N),IORDR,IZDEB,NPOINT,IEPAIS,IT ECRIT     47
                 2EMP,(IGRS(I),I=1,NPOINT),(IGRSNOR(J),J=1,NPOINT)                   ECRIT     48
                 11  FORMAT(I9,I3,I1,I2,I6,I3,2I5,1X,23I5,6(/,30I5))                 ECRIT     49
                  BUFFER OUT(4,0)(IOUT(1),IOUT(MOTS))                                ECRIT     50
50                IF(UNIT(4))200,900,800                                             ECRIT     51
               200  CONTINUE                                                        ECRIT     52
                  RETURN                                                             ECRIT     53
               800  WRITE(2,13)                                                     ECRIT     54
                 13  FORMAT(1H1,T10,*- - -ERREUR DE PARITE SUR LE RUBAN DE SORTIE- - -* ECRIT     55
55                2)                                                                 ECRIT     56
                  STOP                                                               ECRIT     57
               900  WRITE(2,14)                                                     ECRIT     58
                 14  FORMAT(1H1,T10,*- - -FIN DE FICHIER SUR LE RUBAN DE SORTIE- - -*) ECRIT     59
                  STOP                                                               ECRIT     60
60                END                                                                ECRIT     61
```